I

ms. gall. octav. 12. 1

Supplément

au traité élémentaire de Physique

de

A. Dupré.

—

Ex
Biblioth. Regia
Berolinens.

98

1157

Propagation des mouvemens atomiques.

1. Les mouvements atomiques peuvent se transmettre par le contact ou à distance : sans entrer dans aucun détail, on conçoit très bien que, les atomes qui composent deux tranches consécutives d'un même corps, ou les tranches limites de deux corps en contact étant plus ou moins engagés les uns entre les autres, il est impossible que le mouvement des uns soit plus rapide ou plus étendu sans qu'ils accélèrent bientôt par des impulsions le mouvement des autres ou qu'ils augmentent l'amplitude de leurs oscillations. Rien n'est donc plus facile que d'expliquer la transmission des mouvemens atomiques au contact. Quand elle a lieu dans l'intérieur d'un corps, de chaque tranche à la suivante, il est important de rechercher quelles sont les circonstances qui la rendent plus ou moins facile.

2. La conductibilité dépend :

1° De la densité : si nous concevons que la densité d'un corps diminue jusqu'à devenir excessivement faible, les atomes ne seront presque plus engagés les uns entre les autres et alors une partie du corps pourra être échauffée plus que l'autre sans la transmission s'opère facilement ; elle n'aurait même pas lieu si, ce que l'attraction ne saurait permettre, la densité devenait assez faible pour que les atomes cessassent de se toucher.

D'un autre coté, si nous supposons au contraire, que la densité s'accroisse ~~que la densité s'accroisse~~ autant que possible et qu'une partie du corps

soit plus chaude que l'autre, les atomes dont le mouvement sera plus rapide ne pourront que difficilement échauffer les atomes voisins qui, étant trop engagés les uns entre les autres, seront incapables de recevoir une augmentation de mouvement sans qu'elle soit accompagnée d'une dilatation toujours d'autant plus difficile à produire que la densité et par suite, toutes circonstances égales d'ailleurs, la cohésion sont plus grandes.

Les densités extrêmes sont donc peu favorables à la conducibilité et il existe pour chaque corps une densité moyenne plus favorable que toutes les autres et à partir de laquelle la conducibilité va en diminuant à mesure qu'on s'en éloigne.

2o. De la forme des atomes: Plus ils sont allongés et plus, toutes circonstances égales d'ailleurs, ils sont engagés les uns entre les autres; or nous venons de voir qu'un engagement trop grand ou trop peu considérable était défavorable à la conducibilité. Pour qu'elle soit maximum dans un corps déterminé, il faut donc qu'une diminution de densité compense un trop grand allongement des atomes; en un mot, que ces deux quantités soient dans un rapport convenable.

L'air est un exemple remarquable de l'influence de l'allongement des atomes sur la conducibilité; quoique très peu dense, il est encore mauvais conducteur par excès de densité: ce qui le prouve c'est qu'en le dilatant par un moyen quelconque il devient conducteur de l'électricité qui n'est autre chose que de la chaleur.

3o. De l'arrangement des atomes: L'arrangement des atomes peut varier dans un même corps; c'est ce que nous montre la trempe dans l'acier, le

verre &c. — Il est évident qu'un pareil changement doit influer sur la conducibilité.

4°. De la partie du corps considérée. Si la chaleur réside dans une partie de la couche extrêmement mince qui forme la surface du corps, cas où se trouve la lumière, les atomes étant trop faiblement engagés les uns entre les autres, elle ne se transmettra que difficilement au reste de cette couche et à l'intérieur du corps, à moins que d'autres circonstances, comme la forme des atomes, ne soient favorables. Aussi peut-on recevoir dans une chambre obscure un rayon de lumière sur un corps quelconque sans que la partie illuminée transmette au reste de la couche à laquelle il appartient une portion de chaleur comme cela arrive quand on électrise la surface d'un métal.

Si la chaleur réside dans une couche beaucoup plus épaisse que celle dont nous venons de parler, quoique cependant encore très mince comme cela arrive dans le cas de l'électricité, les atomes seront suffisamment engagés les uns entre les autres et la conducibilité sera alors assez grande, à moins que la forme et l'arrangement des atomes ne soient défavorables.

Si la chaleur réside dans l'intérieur du corps, cas dans lequel se trouve la chaleur proprement dite les atomes seront trop engagés les uns entre les autres eu égard à leur allongement: la conducibilité sera beaucoup moindre, en général, que dans le cas précédent, mais elle sera presque toujours plus grande que dans le 1er cas.

Il faut donc distinguer dans tout corps trois sortes de conducibilité, suivant qu'on considère

cette propriété dans une couche extrêmement mince à la surface, ou dans une couche plus épaisse, ou dans l'intérieur; et les tableaux qui contiendraient les corps rangés par ordre de conducibilité seraient différents pour chacun de ces cas. Ils pourraient toutefois présenter dans certaines limites des ressemblances remarquables parceque la forme des atomes qui influe beaucoup sur le résultat est la même à la surface des corps et dans l'intérieur.

Le charbon, par exemple, est mauvais conducteur dans son intérieur (de la chaleur); tandis qu'il est assez bon conducteur dans une couche mince considérée à sa surface (de l'électricité); et bon conducteur dans une couche très mince à sa surface (de la lumière). Les métaux sont bons conducteurs de la chaleur, très bons conducteurs de l'électricité et mauvais conducteurs de la lumière, ou, en d'autres termes, ils ne jouissent pas sensiblement du premier genre de conducibilité et possèdent les deux derniers genres à un plus haut degré que tous les autres corps connus.

5° De la pression: La pression agit de manière à modifier la densité elle doit donc aussi faire varier la conducibilité

6° Enfin De la Température: Le mouvement des atomes changeant sans cesse leur position relative, on conçoit que la vitesse et l'amplitude des oscillations doivent aussi influer sur la conducibilité.

Ce qui vient d'être dit sur la conducibilité

montre un des avantages de notre théorie sur les théories actuellement admises, dont aucune n'explique les ressemblances remarquables que l'on observe entre les phénomènes de la chaleur, de la lumière et de l'électricité.

Transmission des mouvemens atomiques, à distance.

3. Lorsqu'un corps chaud est séparé d'un corps moins chaud par une certaine distance, l'espace intermédiaire peut être complètement vide, ou occupé par un corps opaque ou transparent.

4. Dans le 1er cas, on peut comparer jusqu'à un certain point l'action de chaque atome du corps chaud sur chaque atome du corps froid à celle d'un barreau de fer sur un aimant librement suspendu (voyez Tome 1er. Page 42.) quoique l'aimant et le morceau de fer diffèrent beaucoup de deux corps dont tous les élémens s'attirent mutuellement, cependant, cette comparaison grossière, qu'on peut d'ailleurs supprimer et remplacer par l'examen immédiat de l'action de deux corps très allongés et qui s'attirent par tous leurs points, est assez propre à faire comprendre ce qui arrive dans le cas qui nous occupe. On voit que chaque atome du corps chaud doit agir de manière à augmenter la vitesse ou l'amplitude ou à la fois, la vitesse et l'amplitude des oscillations du corps froid; c'est-à-dire de manière à l'échauffer.

Les attractions étant toujours réciproques, il est évident que les actions doivent être inverses de la part du corps froid sur le corps chaud.

5. L'intensité de cette action dépend:

1º. Des positions relatives des deux atomes:

2º. De la distance; car, à mesure qu'elle décroît, les forces d'attraction augmentent.

3º. De la longueur des atomes: plus elle est considérable, et plus l'action est énergique. on s'en assure en remarquant que, si les deux atomes étaient sphériques, l'action serait complètement nulle.

Cette action peut être modifiée dans ses résultats:

1º. Par l'arrangement des atomes qui rend un accroissement de mouvement plus ou moins facile.

2º. Par la position des atomes à la surface ou à l'intérieur des corps; car, plus l'atome dont le mouvement doit être accru est éloigné de la surface jusqu'à un certain terme, et plus les obstacles à surmonter sont grands. Dans une couche extrêmement mince, à la surface, la transmission s'opère avec une facilité extrême les obstacles étant, pour ainsi dire, nuls. Dans l'intérieur, au contraire, l'action immédiate est insensible. (voyez Tome 2. page 79.)

3º. Par la conducibilité qui fait que les atomes placés dans les positions les plus favorables à l'intensité de l'action perdent une partie plus ou moins grande de leur mouvement par l'action des atomes environnans.

6. Lorsqu'on examine les différens cas dans lesquels les mouvemens atomiques se transmettent à distance immédiatement, il se présente une objection qui paraît grave: on se demande comment d'aussi petits corps peuvent s'attirer sensiblement à d'aussi grandes distances que celles qui nous séparent des astres lumineux. La réponse est facile: chaque atome en particulier n'exerce pas une action sensible; il y a même plus, un boulet de canon, ou un corps bien plus gros, placé dans le lieu occupé par le soleil et aussi chaud que lui ne serait certainement pas capable d'agir sensiblement sur l'atmosphère terrestre; leurs actions seraient trop faibles pour être constatées par nos organes ou par nos instrumens. Mais des forces, pour être faibles, n'en existent pas moins, et réunies en assez grand nombre elles peuvent produire des effets surprenans. C'est ainsi que l'action d'un atome du soleil sur la terre, action qui serait incapable à elle seule de donner à notre globe le mouvement elliptique dont il est animé, peut, réunie à un nombre très grand de forces semblables, en modifier le mouvement d'une manière si remarquable.

7. La vitesse et l'amplitude des oscillations peuvent être considérées séparément; elles constituent, pour ainsi dire, deux genres de chaleur distincts: un accroissement de vitesse est la suite immédiate d'une augmentation de pression (voyez Tome 1, page 31.) et s'il n'existait pas d'autre corps que le corps considéré, cette vitesse durerait autant que la pression et cesserait avec elle; c'est

une chaleur qui ne tend pas à survivre à la cause qui l'a produite. Dans un corps existant seul, elle serait déterminée par la forme de ses atomes, leur position près ou loin de la surface, et leur arrangement.

Une augmentation d'amplitude, au contraire, tend à survivre à la cause qui l'a produite; cela résulte de la manière dont le mouvement se perpétue. (Voyez tome 1er, page 29).

Le mouvement d'un pendule ayant une boule en fer peut présenter des circonstances analogues: au moment où il est le plus écarté de la verticale, si on place un aimant au-dessous de sa position moyenne, les oscillations deviendront aussitôt plus rapides et il reprendra immédiatement sa vitesse première si on enlève l'aimant dans un instant où le pendule aura atteint une de ses positions extrêmes. Au contraire si on augmente l'amplitude des oscillations par une impulsion convenable, cette augmentation tendra à survivre éternellement à sa cause; ce n'est que par les frottemens et la résistance de l'air qu'elle sera détruite.

8. Cette distinction de la chaleur en deux espèces, nous paraît de nature à permettre d'expliquer comment le soleil et les planètes peuvent conserver indéfiniment leurs températures moyennes et ne pas arriver lentement, ainsi que plusieurs théories semblent l'indiquer, à des températures égales.

Concevons, en effet, que la chaleur du soleil soit de la première espèce, elle ne serait si vive qu'à cause de la forme des atomes qui composent cet astre. Dans un instant fort court le soleil serait refroidi d'une certaine quantité par l'action des planètes qui l'environnent, et prendrait une température moins élevée que sa température propre; ensuite, il resterait indéfiniment au même degré de chaleur, parceque, tendant sans cesse à revenir à sa température propre la permanence de la cause du refroidissement ne pourrait que maintenir l'effet produit tout d'abord: c'est ainsi que dans l'expérience indiquée au numéro précédent, l'aimant agit de manière au augmenter la vitesse du pendule dès la première oscillation autant que pendant les suivantes.

Maintenant, l'expérience prouve que la température du soleil ne diminue pas avec le temps, du moins sensiblement: ce que nous avons d'abord conçu comme hypothétique est donc réel; car, si la chaleur de cet astre était de la seconde espèce, elle diminuerait graduellement jusqu'à ce que elle soit devenue egale à celle des planètes.

Quant à la terre que nous prendrons pour exemple afin d'expliquer ce qui arrive sans doute à chacun des astres opaques, les differentes parties de la surface se trouvent soumises successivement à l'action du soleil qui leur donne un degré de chaleur superieur à leur température propre. Pendant la nuit, n'étant plus soumise à une influence aussi grande de la part du soleil dont l'action est neutralisée par celle de la terre qui agit comme ecran, elles se refroidissent d'une

certaine quantité; puis, le jour revenant les mêmes effets se reproduisent si les circonstances sont les mêmes, car l'action du soleil ne peut que maintenir l'effet qu'elle avait produit d'abord, puisque sa chaleur est de la première espèce: il n'est pas étonnant, d'après cela, que la température moyenne de la terre reste constante. La température décroissante qu'on a observée en s'éloignant du centre de la terre s'explique aisément; plus on se rapproche du centre de la terre en partant de la partie la plus élevée de l'atmosphère et plus la pression s'accroît; c'est pour cela qu'à une certaine profondeur dans la terre les atomes se meuvent plus vite qu'à sa surface et surtout qu'à de grandes hauteurs. Peut-être la forme et l'arrangement des atomes qui forment le noyau terrestre influent-ils aussi d'une manière remarquable sur sa température

D'après ce qui précède, il semblerait que la chaleur communiquée à la terre par le soleil devrait se manifester le matin et disparaître le soir subitement; mais plusieurs causes s'opposent à ce qu'il en soit ainsi:

1°, Le soleil exerce son action de plus en plus obliquement à mesure que, s'éloignant du milieu de la journée on se rapproche du matin ou du soir.

2°, Les atomes ne finissant pas tous leurs oscillations en même temps ne tendent pas à perdre tous à la fois leur chaleur acquise; s'il y en a un centième, par exemple, qui tende d'abord à reprendre

la température qu'il aurait sans l'influence du soleil il en est empêché par les quatre vingt dix neuf centièmes restant qui lui communiquent du mouvement et en perdent conséquemment de leur côté. Le second centième éprouve ensuite le même effet; de telle sorte que le refroidissement ne s'opère que graduellement. La lenteur avec laquelle l'échauffement a lieu quand le soleil parait au contraire sur l'horizon, est due en partie à des circonstances semblables.

3° La condensation continuelle qui accompagne le refroidissement et la dilatation qui accompagne l'échauffement sont encore des causes de chaleur et de froid qui diminuent la rapidité avec laquelle les effets sont produits.

On voit par ce que nous venons de dire que le monde, loin de ressembler aux machines des hommes, a en lui tout ce qu'il faut pour durer éternellement sans que la belle harmonie qui y règne puisse jamais être troublée que par la volonté de celui qui ~~y règne~~ l'a établie.

9. Le cas que nous venons de considérer ne se présente que quand on considère l'action des astres les uns sur les autres; à la surface de notre globe, l'espace qui sépare les corps n'est jamais exactement vide et la transmission de la chaleur à distance ne s'opère plus de la même manière: les lois connues de la réfraction prouvent que l'action du corps chaud sur le corps froid n'est plus alors immédiate, du moins l'action immédiate n'est pas sensible; puisque la communication de la

chaleur ou de la lumière ne se fait plus en ligne droite que dans chaque milieu en particulier : le corps chaud agit sur la première surface du corps intermédiaire ou écran et accélère le mouvement de ceux de ses atomes qui sont dans des positions favorables; ceux-ci agissent sur la couche qui se trouve sous la surface mais n'échauffent plus, d'une manière sensible, en raison des obstacles au mouvement qui sont plus considérables, que la collection d'atomes qui occupent les positions les plus favorables. Ces derniers agissent sur les suivans et ainsi de suite jusqu'à la surface opposée, si toutefois le corps est transparent ; de sorte que le corps intermédiaire se trouve, après un instant très court avoir une fraction extrêmement petite de ses atomes fortement échauffée, surtout dans le cas de la lumière. On appelle rayon de chaleur ou de lumière un filet de matière partant de la première surface du corps intermédiaire pour arriver à la seconde, composé en presque totalité d'atomes qui sont à la température générale du corps et d'un très petit nombre d'atomes plus ou moins fortement échauffés : ce sont ces rayons de chaleur qui agissent sur le corps froid par leur extrémité la plus éloignée du corps chaud.

10. Les rayons de chaleur ou de lumière sont rectilignes tant qu'ils traversent un milieu uniforme ; cela résulte de ce que,

Si on partage par la pensée le filet en éléments au moyen de sections faites par des plans perpendiculaires à sa longueur, chaque élément sera en ligne droite avec le précédent et le suivant ; car il contiendra la collection d'atomes occupant par rapport au précédent les positions les plus favorables et cette collection tend à exercer une action maximum tant dans la direction de cet élément précédent que dans la direction symétrique, c'est-à-dire à l'opposé sur le prolongement de la ligne droite qui joint cet élément précédent avec celui dont il s'agit : or, c'est précisément cette dernière action qui produit l'élément suivant.

11. Chacun des éléments dont il vient d'être question exerce outre l'action maximum qui a lieu suivant le prolongement de la portion précédente du rayon, des actions faibles dans toutes les autres directions. De sorte que, de chaque point d'un rayon de chaleur, il part une sphère de rayons divergents plus faibles parce qu'ils résultent d'une action moindre que l'action maximum.

12. Remarque. Un nombre extrêmement grand de rayons de chaleur peuvent se croiser dans l'intérieur d'un corps en un même point matériel (espace très petit, contenant cependant encore un nombre prodigieux d'atomes) sans se gêner mutuellement ; cela s'explique en remarquant que la collection

d'atomes qui, en ce point, occupe les positions les plus favorables par rapport à un rayon, n'est pas identique avec celles qui occupent les positions les plus favorables par rapport aux autres rayons. D'ailleurs le nombre des rayons distincts qui passent ainsi à la fois dans un espace très petit quoique considérable, n'est pas indéfini; car si, pour l'accroître de plus en plus, on regarde à travers un trou fait dans une carte par exemple, des objets de plus en plus étendus plus ils seront vastes et moins leurs détails seront distincts; au point qu'à une certaine distance les fenêtres d'un édifice cesseront d'être visibles, n'envoyant pas un assez grand nombre de rayons séparés pour qu'on ait la connaissance de leur existence et de leur forme.

13. Si un rayon de chaleur pas. d'un milieu dans un autre, alors au lieu de continuer sa route en ligne droite, on sait qu'il se brise au point d'incidence et qu'il prend ensuite une nouvelle direction qu'on appelle rayon refracté, laquelle s'éloigne ou se rapproche de la normale suivant certaines lois. Pour expliquer ce fait, il faut observer que, vers les surfaces des corps, les obstacles au mouvement étant beaucoup moindres, il n'est plus nécessaire, pour que les atomes soient échauffés d'une manière remarquable, que leurs positions soient les plus favorables; il suffit qu'elles le soient jusqu'à un certain point. La

collection d'atomes chauds y est donc plus nombreuse et aussi plus étendue; le rayon s'épanouit et prend une forme analogue à celle qui est représentée fig. 1; mais l'épanouissement est plus considérable du côté de la cathète d'incidence qu'à l'opposé; parceque l'engagement des atomes de la surface avec les atomes qui sont sous eux est plus grand qu'avec ceux qui sont à coté. Cela posé soit AB (fig. 2) la surface qui sépare les deux milieux que nous supposerons être de l'air et du verre: le rayon incident étant dans le verre, il tendra à se propager en ligne droite dans l'air; et, en outre, son épanouissement en déterminera un analogue au commencement du rayon refracté; mais cet épanouissement correspondant sera au contraire, plus étendu du coté de la normale qu'à l'opposé.

La première portion du rayon refracté peut être considérée comme formée de trois parties:

1°, le prolongement du rayon incident,

2°, l'épanouissement du coté de la normale,

3°, l'épanouissement à l'opposé.

Ces deux dernières agissent, à cause de leur tendance à la propagation en ligne droite (10), avec une intensité maximum la première suivant une direction CD plus éloignée de la normale que le rayon incident, la seconde suivant une direction EF qui en est, au

contraire, plus rapprochée et, comme l'épanouissement du côté de la normale est plus considérable qu'à l'opposé, l'action maximum des trois parties s'exerce dans une direction plus écartée de la normale que le rayon incident: Or, l'action maximum, c'est le rayon refracté. Il se transmet d'ailleurs dans toutes les autres directions des rayons plus faibles (11).

Dans les cas où le rayon passe de l'air dans le verre, les mêmes effets se produisent d'abord; puis, le commencement du rayon refracté réagissant, s'épanouit à l'opposé de la normale et augmente l'épanouissement du rayon incident aux points correspondant; après quoi, le rayon refracté ou maximum d'action, qui est toujours determiné par sa première portion se trouve plus rapproché de la normale que le rayon incident (Voyez fig. 3). Cet effet ne se produit pas d'une manière sensible dans le cas précédent; parceque le verre étant plus dense réagit bien plus fortement que l'air ne pourrait le faire. Au reste, la densité n'est pas seule à considerer ici. la forme et l'arrangement des atomes influent aussi sur l'intensité des actions de ce genre.

14. La seconde loi de la refraction se déduit facilement de ce que, tout étant symétrique, ~~il n'y a~~ par rapport au plan d'incidence, il n'y a evidemment

aucune raison pour que le plan de refraction s'en écarte soit d'un coté soit de l'autre.

15. Remarque. Si l'on pouvait conserver quelques doutes sur ce qui précède, ce ne serait qu'au sujet des directions des maximum d'action; il faudrait alors remarquer que nous ne presentons ici qu'une explication et non une demonstration théorique des lois indiquées par l'experience: la forme et la grandeur des atomes ne nous étant pas connues exactement, non plus que leur arrangement dans chaque corps, ni la loi de l'attraction dans les petites distances; il n'est pas possible d'entrer dans l'examen detaillé du mouvement de chacun d'eux et de determiner par le calcul la direction du maximum d'action d'un certain nombre aussi inconnu que les autres elemens de la question.

16. L'intensité de cette action maximum qui s'exerce dans la direction du maximum d'action varie:

1°. avec l'intensité du rayon incident au point d'incidence.

2°. Avec la conducibilité du corps refringent à sa surface. Quand cette conducibilité est grande, elle determine un abaissement dans la température de la collection d'atomes qui occupe à la surface les positions les plus favorables et, par suite, elle determine l'intensité de l'action maximum de la première portion du rayon refracté.

3°. Avec la forme et l'arrangement des

atomes qui les rendent plus ou moins faciles à échauffer.

Elle est souvent assez faible pour qu'il n'y ait pas de rayon réfracté sensible, c'est ce qui a lieu pour les corps opaques. Il peut arriver aussi que le rayon s'éteigne un peu plus avant, à cause de la grande conducibilité de l'intérieur du corps ou plutôt de la seconde couche située sous celle qui forme la surface.

17. Le nombre des atomes chauds dans un rayon de chaleur ou de lumière qui traverse un corps transparent est tellement inférieur au nombre des atomes qui, en raison des positions peu favorables qu'ils occupent, ne s'échauffent pas sensiblement, que la masse totale n'en reçoit que lentement une élévation de température, les corps transparents étant nécessairement mauvais conducteurs, il n'y a en cela rien de fort surprenant

18. Au contraire, quand un rayon de chaleur se présente pour traverser un corps opaque, la collection d'atomes qui, vers la surface, occupe les positions les plus favorables au lieu de transmettre son mouvement à travers tout le corps et au delà, le transmet par la conducibilité aux atomes environnans et bientôt la surface du corps reçoit dans toute sa masse une augmentation de chaleur sensible qu'elle partage ensuite avec l'intérieur.

19. C'est ainsi que par l'action du soleil sur la terre les corps opaques qui se trouvent à sa surface sont échauffés dans toute

leur masse avant l'atmosphère qui ne sert, pour ainsi dire, que de canal de communication pour la chaleur entre les deux astres. Pendant la nuit ils se refroidissent plus que l'air environnant, auquel ils avaient communiqué de la chaleur pendant le jour ; parceque les causes indiquées (1°, 2° et 3°) s'opposent moins efficacement à leur refroidissement qu'à celui de l'air.

20. L'action d'un corps chaud sur un corps froid, à distance, étant presque toujours immédiate, il est important de rechercher avec soin quelles sont les circonstances qui peuvent alors en modifier les résultats :

1°. La transparence influe beaucoup sur la vitesse avec laquelle un corps froid s'échauffe, toutes circonstances égales d'ailleurs. Moins il est transparent et plus il s'échauffe rapidement (18)

2°. le poli du corps chaud. On sait que, plus il est parfait et moins l'action est grande. Pour expliquer ce fait, il faut séparer par la pensée, à la partie extérieure du corps chaud, une tranche d'une épaisseur convenable pour qu'elle puisse servir d'écran par rapport au reste de ce corps. Cette tranche agira seule d'une manière sensible et l'effet produit dépendra de sa température qui est évidemment toujours moindre que celle de l'intérieur.

Or, dans le cas où le corps est dépoli, les parties rentrantes de sa surface sont environnées de toutes parts de parties intérieures qui leur rendent promptement leur chaleur qu'elles perdent peut-être aussi plus difficilement parceque l'air qui les touche se renouvelle

avec moins de facilité. D'ailleurs on a vu plus haut ~~que la conducibilité~~ (2. 4°) que la conducibilité à la surface, dans une couche qui n'est pas excessivement mince, est plus grande que dans le reste du corps; les parties rentrantes communiquent donc avec une grande facilité leur chaleur aux parties saillantes et il resulte de là que la surface totale est sans cesse maintenue à une temperature moins inferieure à celle de l'interieur que si le corps était poli: c'est pour cette raison que son action sur le corps froid est plus efficace.

3°. Le poli du corps froid. Plus il est parfait et moins les effets se produisent rapidement. Cela tient aux causes que nous venons déjà d'indiquer car la première tranche du corps froid est aussi la seule qui soit d'abord échauffée et, plus elle communique facilement sa chaleur à l'interieur, plus l'échauffement est prompt.

4°. La forme et l'arrangement des atomes qui rendent plus ou moins facile une augmentation de mouvement.

5°. L'inclinaison de la surface du corps froid opposée au corps chaud. (Voyez Tome 1er, page 49.)

6°. L'inclinaison de la surface du corps chaud, (Voyez l'explication est la même.)

7°. La difference de temperature qui existe entre le corps chaud et le corps froid. Plus elle est grande et plus les effets sont considerables et prompts.

8°. La distance qui separe le corps chaud de

corps froid. Plus elle est grande et plus les effets sont faibles; parceque les rayons de chaleur en se transmettant à travers le corps transparent intermédiaire, éprouvent des déperditions continuelles dont la somme augmente avec la longueur du trajet.

9º. Le degré de transparence du corps intermédiaire, suivant qu'il est plus ou moins grand, diminue ou augmente la déperdition. (18)

10º. Enfin la conductibilité des deux corps rend la communication de la chaleur entre la première tranche et ~~les deux autres~~ l'intérieur, plus ou moins facile et vient encore modifier les résultats. C'est ainsi que les corps noirs sont plus faciles à échauffer que les corps blancs (voyez tome II, page 8.)

21. Dans le paragraphe 5 nous avons indiqué les circonstances dont dépend l'intensité de l'action immédiate d'un corps chaud sur un corps froid, à distance: ce que nous avons dit alors n'est applicable qu'à la couche qui forme la surface; parceque, par rapport au reste du corps froid, elle fait fonction d'écran. Les explications données dans le paragraphe précédent (1º, 2º, 3º, 5º, 6º, 7º, 10º,) conviennent donc aussi au cas où il y a vide entre le corps chaud et le corps froid.

22. L'attraction s'exerçant à travers toutes les substances, on peut se demander comment un corps peut servir d'écran à un autre, ou plutot comment la première tranche d'un corps peut le garantir de l'action d'un autre dont la température est plus élevée

ou moins élevée; pourquoi, par exemple, le Soleil n'agit-il pas d'une manière sensible sur la surface terrestre? Pour répondre à cette question, il faut remarquer qu'à une distance si considérable, les atomes de cet astre ne peuvent exercer sur ceux de notre globe qu'avec une faible intensité les actions dont il a été question dans le paragraphe (4) et ces actions ne peuvent être efficaces qu'autant que les circonstances sont très favorables. Ce n'est donc qu'à la surface de l'atmosphère qu'elles produiront tout l'effet dont elles sont susceptibles; partout ailleurs, les atomes gênés dans leurs mouvements, n'en éprouveront qu'un effet insensible et ne pourront être échauffés que par réfraction. (§. 5.)

23. Lorsqu'un rayon de chaleur ou de lumière arrive à la surface d'un corps poli, il agit, comme il a été dit précédemment, sur cette surface qui devient capable d'exercer une action dans toutes les directions, mais une action faible, si ce n'est à l'intérieur du corps suivant la direction du rayon réfracté dans le cas où le corps est transparent et à l'extérieur suivant une direction unique qu'on nomme le rayon réfléchi: dans cette dernière l'action prend une nouvelle valeur maximum (voyez Tome 2, page 42, l'explication de la réflexion.)

24. Tous les corps ne réfléchissent pas la chaleur également bien; plus le corps s'échauffe facilement dans son intérieur, moins les atomes placés à la surface et faisant partie de la

collection qui détermine la réflexion conservent de mouvement et, par suite, moins il y a de chaleur et de lumière réfléchie. Les circonstances qui influent sur le pouvoir réflecteur sont dans les mêmes circonstances que celles que nous avons indiquées dans le paragraphe 20.

25. Il est inutile d'expliquer maintenant l'action d'un corps froid sur un corps chaud : puisque toutes les attractions sont réciproques, ce qui précède peut être appliqué à la réflection et à la réfraction des rayons de froid aussi bien qu'à celle des rayons de chaleur. (Nous appelons rayon de froid un filet d'atomes dont une très petite portion est à une température inférieure à celle de la totalité.)

Effets de la chaleur.

26. Les effets de la chaleur sont physiques ou chimiques ; mais nous ne traiterons ici que des premiers qui peuvent tous se ramener à un effet unique, à la production d'une force expansive plus ou moins grande dans les corps.

L'intensité de cette force croit :

1° avec l'amplitude des oscillations ; car, toutes circonstances égales d'ailleurs, plus les atomes font des oscillations amples et plus ils tendent à se tenir écartés les uns des autres.

2° Avec la vitesse des oscillations. Supposons, par exemple, que le nombre des oscillations faites dans un temps donné devienne double de ce qu'il était d'abord sans que leur amplitude change et partageons par la pensée chaque demie oscillation en élémens

très courte: le premier et le dernier élément seront parcourus avec une vitesse presque nulle, comme cela arrivait déjà avant que le nombre des oscillations fut doublé; le temps pendant lequel chaque atome s'y trouvera, quoique plus petit que d'abord, pourra n'être pas diminué de moitié. Par compensation, il faudra bien que la vitesse de chaque atome dans le voisinage de sa position moyenne soit plus que doublée et il suit de là qu'il occupera en somme les positions extrêmes pendant un temps plus considérable qu'avant l'augmentation de vitesse. Si rien ne s'y opposait, il est évident qu'il résulterait de là un accroissement de volume pour le corps et s'il y avait des obstacles, cette dilatation ne tendrait pas moins à avoir lieu ~~et~~ c'est-à-dire que la force expansive se trouverait augmentée. Ce fait que nous venons d'établir comme possible, peut être prouvé réel. Il suffit pour cela de remarquer que le soleil qui ne fait que rendre plus nombreuses dans le même temps (8) les oscillations des atomes à la surface de notre globe augmente la force expansive des corps soumis à son action.

3°. Avec la densité: car, plus elle est grande et plus les atomes font d'effort pour écarter les atomes environnans, toutes circonstances égales d'ailleurs.

4°. Enfin la forme et l'arrangement des atomes influent aussi sur l'intensité de la force expansive; plus ils sont allongés et plus la force expansive est grande, toutes circonstances égales d'ailleurs.

27. Outre cette force, il existe aussi dans les corps une force de contraction qui résulte de

l'attraction mutuelle des atomes, elle dépend :

1° de la densité et croît avec elle ;

2° De la forme et de l'arrangement des atomes ; car la position de chacun de leurs points influe sur la force avec laquelle ils s'attirent.

28. La force expansive et la force de contraction diminuent à mesure que le volume du corps augmente ; mais la première plus que la seconde, car elle deviendrait nulle si, ce que l'attraction ne saurait permettre, le volume s'accroissait assez pour que les atomes cessassent de se toucher ; tandis que la force de contraction conserverait encore une certaine valeur.

Il suit de là que, le volume diminuant la force expansive doit augmenter aussi plus rapidement ; mais suivant des lois inconnues. L'expérience prouve que dans une certaine étendue, ces deux forces éprouvent par des changements de volumes des augmentations et diminutions sensiblement égales.

29. Dans les circonstances ordinaires les corps sont en equilibre sous l'empire de trois forces, savoir :

1° la force expansive,

2° la force de contraction,

3° la pression,

On en conclut que la première qui tend à augmenter le volume égale la somme des deux autres qui tendent à le diminuer, et, par suite, que la force expansive surpasse la force de contraction d'une quantité égale à la pression : c'est cet excès qu'on appelle la tension des corps.

30. Cela posé, il est très facile d'expliquer les dilatations et contractions que peuvent causer ~~caus~~ un changement dans la température ou dans

la pression.

Si la température s'élève la force expansive s'accroît (26. 1°. et 2°.) l'équilibre est rompu et le volume augmente. Le volume augmentant, la force expansive et la force de contraction diminuent; mais la première plus vite que la second, et bientôt l'augmentation de la force expansive étant compensée par cet excès de diminution, l'équilibre se rétablit. Si la température s'abaisse les effets qui en résultent s'expliquent d'une manière tout-à-fait analogue. (28)

31. Par une augmentation de pression l'équilibre est encore rompu, le volume diminue; conséquemment la force expansive et la force de contraction croissent, mais la première plus que la seconde et, cet excès compensant bientôt l'augmentation de pression, l'équilibre se rétablit. S'il s'agissait, au contraire d'une diminution de pression, l'explication à donner serait tout aussi facile.

32. Les quantités dont les corps se dilatent dépendent d'ailleurs des lois suivant lesquelles varient la force expansive et la force de contraction, de la forme et de l'arrangement des atomes. Plus les atomes sont allongés et plus, pour une même élévation de température, les corps se dilatent, toutes circonstances égales d'ailleurs.

33. On appelle tension maximum des vapeurs la tension qu'elles ont à l'instant où la plus légère augmentation de pression est capable de les faire passer à l'état

liquide : elle est maximum relativement à l'état de la substance, mais non relativement à la substance elle-même ; il n'y a donc à expliquer ici que le changement d'état subit ou, ce qui est la même chose, la necessité d'une diminution de volume très grande pour que l'equilibre se retablisse quoiqu'il n'ait été troublé que par une augmentation de pression insensible. Cela vient de ce que dans cette circonstance, la force expansive et la force de contraction qui croissent ensemble à mesure que le volume diminue le font à peu près également ; de sorte que l'augmentation insensible survenue dans la pression, ne peut être compensée par l'excès de l'accroissement de la force expansive sur celui de la force de contraction qu'autant que le changement de volume est considérable.

24. Quand l'augmentation de pression qui avait causé la diminution de volume d'un corps vient à cesser, le corps se dilate jusqu'à ce que la force expansive soit redevenue égale à la force de contraction augmentée de la nouvelle pression, ce qui n'a lieu que quand le volume est redevenu ce qu'il était d'abord ; à moins, toutefois, que la compression n'ait changé l'arrangement des atomes d'une manière permanente, comme cela arrive dans les solides.

On appelle parfaitement élastiques les corps qui dans ces circonstances reviennent exactement au volume qu'ils avaient avant la compression ; on voit que ce sont ceux dans lesquels l'arrangement des atomes ne peut pas être

changé d'une manière permanente par une compression ; les liquides et les gaz sont dans ce cas.

L'élasticité de traction et l'élasticité de forme s'expliquent au moyen des mêmes principes et cette propriété des corps qui semble n'avoir aucun point de contact avec la chaleur se trouve être un de ses effets.

35. La transmission des pressions dans tous les sens sans aucune perte par les liquides et les gaz est une conséquence de leur parfaite élasticité ; quand la pression qu'un fluide supporte augmente, son volume diminue jusqu'à ce que la tension se soit accrue d'autant que la pression et, comme la tension ou l'excès de la force expansive sur la force de contraction agit évidemment de la même manière dans tous les sens, une particule gazeuse ou liquide doit presser également dans toutes les directions.

Cette explication que je donne du principe sur lequel repose l'hydro-mécanique est d'ailleurs indépendante de ma nouvelle théorie : on peut l'appuyer uniquement sur les propriétés connues des gaz et sur les expériences de Mr. Œrsted relatives à la compression des liquides.

Note sur l'allongement des atomes.

Nous avons cherché à prouver Tome 1, page 389, que les atomes sont de petits corps très allongés; voici une autre manière de présenter la même proposition.

Nous prendrons encore le mercure pour exemple. Soit n le nombre d'atomes contenus dans un litre de ce liquide et l la plus grande dimension d'un de ces atomes; concevons que toute la matière qui le compose soit placée autour de la ligne l de manière à former un cylindre droit circulaire et désignons par d son diamètre, le volume d'un atome sera alors:

$$\frac{\pi d^2 l}{4}$$

Celui de n atomes sera: $\frac{\pi d^2 l n}{4}$ et, comme le mercure est poreux, on peut poser l'inégalité:

$$\frac{\pi d^2 l n}{4} < 1 \text{ litre}.$$

qui indique que la masse est plus petite que le volume.

D'un autre côté si on forme la somme de n cubes ayant pour côtés l et qu'on place dans chacun d'eux un atome, il est évident que les atomes ne pourront pas tous se toucher et, par suite, qu'on obtiendra ainsi un volume que le litre de mercure ne pourra pas atteindre, à

quelque température qu'on le porte. L'attraction tendant sans cesse à rapprocher les atomes ne permet pas qu'ils restent isolés; cet état serait en opposition avec les plus simples lois de la mécanique, même dans l'hypothèse de l'existence d'un fluide dont les particules se repousseraient mutuellement. En réduisant un litre de mercure en vapeur, il est certain qu'il serait facile de lui faire prendre un volume de 40000 litres au moins; on a donc d'après ce qui précède:

$$nl^3 > 40000 \text{ litres}$$

ou

$$\frac{nl^3}{40000} > 1 \text{ litre}$$

En comparant cette inégalité avec celle obtenue plus haut; on conclut que:

$$\frac{\pi d^2 l n}{4} < \frac{n l^3}{40000}$$

et par suite $l > 177d$. Ce qui nous apprend que la longueur des atomes de mercure est plus de 177 fois aussi grande que leur épaisseur moyenne. Pour une sphère $l =$ le diamètre et $d = 0,81\, l$.

On pourrait au reste appliquer ce genre de calcul à une multitude d'autres corps;

on considérerait pour les gaz le volume le plus petit qu'ils puissent prendre en entrant, par exemple, dans des combinaisons solides et le volume le plus grand qu'ils atteignent quand on les dilate par tous les moyens connus; on mettrait ces deux quantités à la place de 1 litre et de 40000 litres et on raisonnerait comme pour le mercure.

(Voyez tome 1, page 391, le moyen d'étendre ces inégalités en comparant la densité du corps avec celle du platine.)

Note sur les corps illuminés.

Une des choses qui choquent le plus dans notre théorie c'est la haute température à laquelle nous disons portée la surface des corps illuminés (Voyez Tome 2, page 41) quoique nous ayons fait remarquer qu'à la surface des corps, les mouvements atomiques sont incomparablement plus faciles à produire que dans l'intérieur et qu'il n'est pas étonnant, d'après cela, qu'une bougie allumée puisse porter en un instant très court la première couche d'un corps audessus de la température rouge; cependant les préjugés s'opposent toujours à ce qu'on range ce fait au nombre des vérités démontrées; les uns objectent qu'un corps bon conducteur comme un morceau d'argent ne saurait être en même temps blanc de chaleur à sa surface et froid dans son intérieur; d'autres, que si les corps illuminés étaient aussi chauds que nous le prétendons on ne pourrait les toucher avec le doigt sans être brulé très vivement.

Nous avons répondu à la première de ces objections que la conducibilité de l'argent quoiqu' assez parfaite dans l'intérieur était très faible dans une couche excessivement mince à la surface (Voyez propagation des mouvements atomiques (2. 41.);

à la seconde, qu'un corps, quoique très chaud, ne peut nous faire éprouver de sensation quand nous le touchons qu'autant qu'il a une masse suffisamment grande: par exemple, un bâton de phosphore qui est rouge de chaleur à sa surface puisqu'on le voit dans l'obscurité et qu'il s'oxide lentement à l'air ne produit pas en nous la sensation de la chaleur; et, une feuille de papier qu'on a enflammée et réduite en charbon n'agit pas non plus sensiblement sur nos organes lorsqu'on touche un des points lumineux qui en ~~parcourent~~ parcourent pendant quelque temps la surface:

Enfin à ceux qui douteraient encore nous opposons l'expérience suivante que chacun peut répéter.

Un morceau d'argent (une cuillère par exemple) plongé dans du lait et exposé à l'action du soleil ou à celle d'une lampe, après qu'on en a fait écouler le liquide de manière à n'en conserver qu'une couche assez mince, fait bouillir cette couche à l'instant et avec une grande rapidité. On voit aussi bouillir le liquide à la réflexion des rayons solaires sur un miroir ou même sur une feuille de papier blanc; comme la lumière diffuse n'est autre chose que la lumière reflechie ou refractée irrégulièrement, on peut regarder comme

évident que le même fait aurait lieu dans les circonstances ordinaires et qu'un microscope puissant nous le ferait voir parfaitement.

En essayant différens autres liquides nous avons remarqué que ceux qui sont parfaitement transparents ne laissent pas voir l'ébullition et qu'au contraire tous ceux qui sont colorés peuvent être employés.

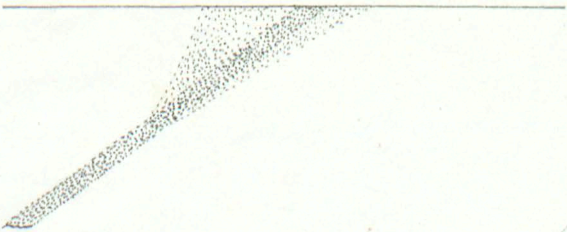
Ceux que nous avons employés jusqu'à présent sont : le lait, une encre rouge, l'encre noire ordinaire, ~~du~~ vin, du sirop de raisin. La viscosité influe aussi sur le succès de l'expérience, plus le liquide est visqueux et plus l'ébullition est facile à appercevoir ; toutefois, passé un certain terme, une trop grande viscosité devient nuisible. Le sirop de raisin lorsqu'il n'est que peu coloré, laisse voir l'ébullition à travers une goutte assez épaisse, surtout si le solide est bien poli. Nous avons employé dans cette expérience un couteau d'acier poli ; plongé dans le liquide et retiré verticalement, il fut tenu ensuite presque horizontal et, quand une goutte se fut rassemblée à son extrémité, on aperçut très bien le liquide à travers, à peu près comme cela arrive à l'instant

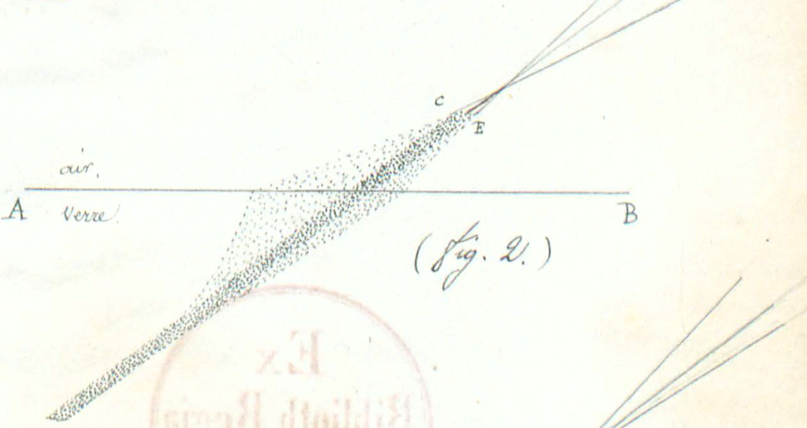
où on met sur un feu très ardent un vase plein d'eau. Les bulles de vapeur ne s'élevaient presque pas leur masse étant trop forte pour échauffer la goutte dont elles faisaient partie.

Divers solides furent ensuite soumis à l'expérience; l'or, l'étain, l'acier poli, l'acier trempé couleur de bronze, le cuivre, le platine, le verre; tous ont donné le même résultat que l'argent avec plus ou moins de force dans l'ébullition; cette différence est très remarquable quand on passe de l'acier poli à l'acier dont la couleur s'approche du noir: avec celui-ci, l'ébullition est beaucoup plus faible, ce qui se trouve parfaitement d'accord avec notre manière d'expliquer les couleurs. Quand on veut se servir du verre, il faut avoir l'attention de placer par derrière un corps noir, afin que les yeux ne soient pas fatigués par la lumière refractée.

Avec du bois noir bien poli l'ébullition est faible. Dans ce cas, comme dans tous les autres, elle paraît d'autant moindre qu'on regarde un endroit plus éloigné de l'image du soleil ou de la lampe. En essayant aussi avec un morceau d'argent porté à plusieurs degré audessous de zéro, l'expérience à prouvé que l'influence de la température de la masse du corps était très faible.

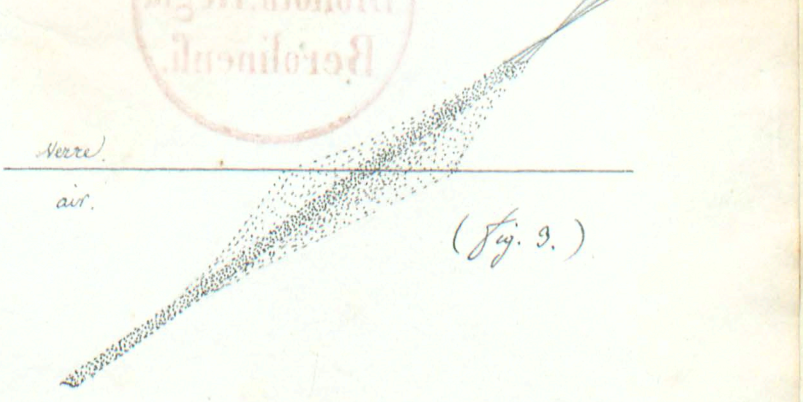
(Fig. 1.)





(Fig. 2.)

Ex Biblioth. Regia Berolinensi.



(Fig. 3.)

Ex
Biblioth. Regia
Berolinensi.

II